

皿型高力ボルトを用いた群ボルト摩擦接合継手のすべり試験

(株)横河ブリッジホールディングス 正会員 ○水越 秀和, 石井 博典
 阪神高速道路(株) 正会員 田畑 晶子
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 試験の背景と目的

鋼橋の現場接合には高力ボルト摩擦接合が広く利用されている。しかし、一般的に使用される高力六角ボルト(以下、六角ボルトという)やトルシア形高力ボルトはボルト頭部が鋼板面から突出しており、雨水等の滞留による接合部の腐食や鋼床版デッキプレートの接合部における舗装損傷など維持管理上の課題がある。そこで著者らは、ボルト頭側の連結板面が平坦になる皿型高力ボルト(以下、皿型ボルトという)に着目し、これを締結材として用いることでボルト接合部の塗膜や舗装の耐久性を向上できると考え、研究を行ってきた(例えば1)。文献1)では、すべり試験により、皿型ボルトを用いた摩擦接合継手のすべり係数は、六角ボルトを用いたそれと比べて平均で10%低下するが、締結材として使用することが可能であることを示した。そのほかにもすべり試験により、拡大孔や孔ずれ等の影響を検討した。しかし、これまでのすべり試験は1行2列または1行3列の供試体による検討であり、実橋で用いられるような2行2列以上の群ボルトでのすべり試験は行われていない。そこで群ボルトとすることがすべり係数に与える影響を調べるため、3行4列の継手供試体によるすべり試験を実施した。



写真-1 皿型高力ボルトセット

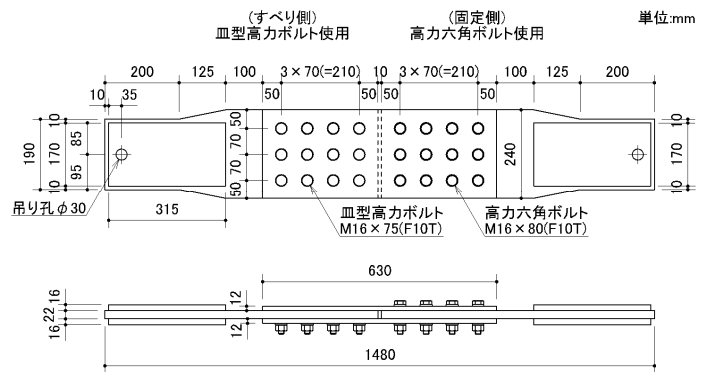


図-1 供試体一般図(CD-22M12M, 単位:mm)

2. 供試体

図-1に供試体の一般図を、図-2に皿型ボルトおよび連結板の皿孔加工部の形状を、表-1に供試体の諸元をそれぞれ示す。試験機の載荷能力等を考慮して、M16高力ボルトを用いた3行4列の摩擦接合継手の供試体とした。実構造物の継手を想定し、すべり/降伏耐力比βが1.0程度となるように設計されている。供試体は皿型ボルトを使用した供試体(CD-22M12M)と六角ボルトを使用した供試体(HD-22M12M)の2種類とし、それぞれ3体ずつとした。接合面は、無機ジンクリッチペイントを目標膜厚75μmで塗装した。

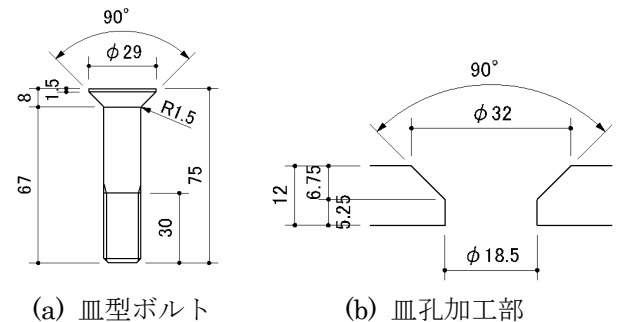


図-2 皿型ボルトと連結板の皿孔加工部の形状

供試体の製作は、実物の製作に用いる孔明け機を用いて実物の製作工程に従って行った。具体的には、まず標準ボルト孔(φ18.5mm)をNCにて孔明けした後、写真-2に示すドリルを用いて、皿孔加工部を成形した。

ボルト軸力を測定するため、2枚のひずみゲージを高力ボルトのボルト軸部側面に対称に貼り付けた。供試体の組立前にキャリブレーション試験を行い、ボルト軸力とひずみの関係からボルト軸力の校正係数を求めた。

供試体の組立は、まず母板と連結板を合わせ、12箇所の孔のうちの2箇所にφ18.0mmのドリフトピンを挿しこみ、母板と連結板の孔位置を合わせた。その後、ボルト孔にボルトを挿入し締付けを行った。

ドリフトピンを挿しこんだ状態での孔ずれは皿型ボルト、六

表-1 供試体の諸元

供試体名	ボルト形状	鋼板の鋼種	板幅 [mm]	孔径 [mm]	板厚 [mm]		連結板の枚数	すべり/降伏耐力比β	供試体数
					母板	連結板			
CD-22M12M	皿型	SM490	240	18.5	22	12	2	0.99	3
HD-22M12M	六角							1.09	3

キーワード 皿型高力ボルト, 摩擦接合, すべり試験, すべり係数
 連絡先 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 TEL 043-247-8411

角ボルトともに最大でも 0.5mm 程度であり、両者に有意な差はみられなかった。孔ずれの状況を写真-3 に示す。ボルト軸部側面にひずみゲージを貼り付けたボルトであったが、ボルト孔への貫通率は 100%であった。いずれの皿型ボルトもボルト頭部の皿孔加工部への納まり具合はスムーズであった。ボルトの締付けは電動レンチを使用せずに人力により行った。ボルトに貼り付けたひずみゲージによりボルト軸力をモニタしながら締付けを行い、設計ボルト軸力 106kN の 1 割増しとなる標準ボルト軸力 117kN を目標に締付けた。

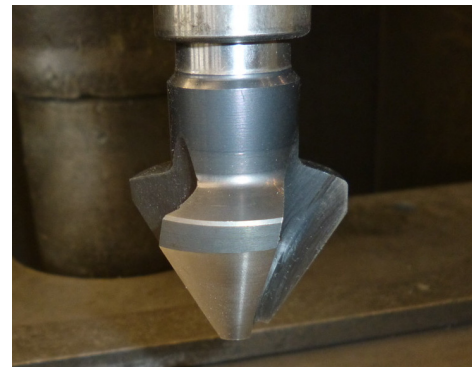


写真-2 皿加工ドリル

3. 載荷方法

供試体の両端に引張荷重を載荷した。リラクセーションの影響を考慮し、供試体の組立完了後(ボルト締付け完了後)24 時間以上経過した後に載荷を行った。載荷は単調増加載荷とし、載荷速度は 1kN/s を目安とした。

4. 試験結果

すべり荷重は、継手の最も内側のボルト位置での母板と連結板の相対変位が 0.2mm に達したときの荷重、または最大荷重のうち、いずれか小さいほうをすべり荷重とした。すべての供試体で、母板と連結板の相対変位が 0.2mm に達した荷重がすべり荷重となった。得られたすべり係数を表-2 に示す。すべり係数は、設計ボルト軸力を用いて式(1)により算出した。

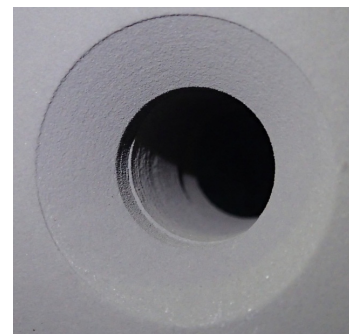


写真-3 孔ずれ(皿孔部)

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \quad (1)$$

ここに、 μ : すべり係数、 P : すべり荷重(kN)、 m : 接合面の数(=2)、 n : ボルト本数(=12)、 N : 設計ボルト軸力(=106kN)

すべり係数は、すべての供試体で道路橋示方書²⁾の規定値 0.45(接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合)を上回った。3 体ずつの供試体のうち、最小のすべり係数で比較すると、HD-22M12M の 0.63 に対して、CD-22M12M では 0.57 であり、CD-22M12M のほうが 9.5%小さかった。また、3 体の平均値で比較すると、HD-22M12M の 0.64 に対して、CD-22M12M では 0.60 であり、CD-22M12M のほうが 6.3%小さくなった。すべり係数の変動係数は、HD-22M12M の 0.013 に対して、CD-22M12M が 0.036 となり、CD-22M12M のほうがばらつきが大きいという結果になった。表-2 には文献 1) の 1 行 2 列供試体のうち、すべり/降伏耐力比 β が今回の供試体と概ね近い 1.0 程度の供試体のすべり係数と変動係数もあわせて示している。1 行 2 列供試体と比較しても、すべり係数のばらつきの傾向は同様であり、六角ボルトに比べて皿型ボルトの変動係数が大きくなっている。しかしながら、皿型ボルトの場合の変動係数が 1 行 2 列供試体で約 5%、3 行 4 列供試体で約 4% であり、群ボルトとすることでばらつきが小さくなっている。また、六角ボルトに対する皿型ボルトのすべり係数の低下の程度は、1 行 2 列供試体と 3 行 4 列供試体で同程度であり、群ボルトがすべり係数低下に与える影響は小さいと考えられる。

5. まとめ

皿型ボルトを用いた 3 行 4 列の継手供試体によるすべり試験を実施した。供試体の製作は、実物の製作工程に従って行った。その結果、問題なく部材の製作および継手の組立を行うことができた。六角ボルトに対する皿型ボルトのすべり係数の低下の程度は、これまでの 1 行 2 列供試体と同程度であり、群ボルトとすることによるすべり係数低下の影響は小さいと考えられる。

参考文献

- 1) 田畑ら: 皿型高力ボルトを用いた摩擦接合の継手特性に関する研究, 構造工学論文集 Vol.59A, pp.808-819, 2013
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 丸善, 2012

表-2 すべり係数

供試体名	ボルト配置	すべり/降伏耐力比 β	すべり係数		標準偏差	変動係数
			平均			
CD-22M12M (皿型ボルト)	3行4列 (今回)	0.99	0.57	0.60	0.021	0.036
			0.62			
			0.60			
HD-22M12M (六角ボルト)		1.09	0.65	0.64		
	0.63					
	0.64					
CD-16M12M (皿型ボルト)	1行2列 (文献1))	1.04	0.52	0.55	0.026	0.048
			0.56			
			0.58			
HD-16M12M (六角ボルト)		1.04	0.57	0.58		
	0.59					
	0.58					